

Actes des 8^e journées scientifiques du GDR 3544 Sciences du Bois

Version provisoire

8^e journées du **GDR** **SCIENCES DU BOIS**



18, 19 et 20 novembre 2019
Campus Bois, Epinal, France

D12: Pourquoi les branches des arbres cassent-elles parfois sans raison apparente ? Le cas des charpentières plagiotropes

VAN ROOIJ Arnoul^{1,2}, BADEL Eric¹ FOURNELY Eric², MOUTOU PITTI Rostand²,
ALMERAS Tancrède³, CARAGLIO Yves⁴, MOITY MAIZI Pascale⁵, GRIL Joseph^{1,2}

¹ Université Clermont Auvergne, INRA, PIAF, F-63000 Clermont–Ferrand, France

² Univ Clermont Auvergne, CNRS, Sigma Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont–Fd

³ Univ Montpellier, CNRS, LMGC, F-34000 Montpellier

⁴ Univ-Montpellier, CIRAD, AMAP, F-34000 Montpellier

⁵ GRED, F-34000 Montpellier

vanrooij.arnoul@gmail.com

Mots clefs : arbre ; branche ; biomécanique ; rupture

Contexte

L'étude de la tenue mécanique des arbres se focalise le plus souvent sur celle de leur tronc, autant pour des motifs économiques (utilisation en bois d'œuvre) que fonctionnels. Les branches, vouées à l'élagage naturel ou artificiel, sont peu valorisées et considérées en relation avec les traces que laisse leur insertion dans le tronc (les nœuds d'une planche) plutôt que comme des objets d'intérêt propre. Pourtant, la performance biomécanique représentée par une branche maîtresse se développant horizontalement sur de grandes longueurs aurait de quoi impressionner tout ingénieur concevant des structures ambitieuses. De telles structures végétales défient la gravité, vis-à-vis de laquelle elles sont généralement largement surdimensionnées pour faire face à des stress environnementaux récurrents tels que le vent, la pluie ou le poids de la neige. Il leur arrive pourtant de se rompre, et cela de manière imprévisible, comme c'est le cas de l'inexpliquée casse estivale de grosses branches survenant en période chaude et en l'absence de vent, et dont les conséquences peuvent être dramatiques sur le plan humain et matériel. Si les 'experts de l'arbre' en charge du suivi des arbres de ville ou parcs disposent de tout un arsenal d'outils pour évaluer le risque de chute ou casse d'un tronc, ils demeurent bien démunis face au comportement mécanique des branches.

Si les branches peuvent être qualifiées de poutres du point de vue de la Résistance des Matériaux, elles ne sont pas inertes et leur forme ainsi que leurs propriétés sont en évolution permanente: la croissance en épaisseur des tiges ligneuses s'accompagne d'une mise en précontrainte du bois déposé en périphérie. Ce phénomène, modulé en périphérie par l'épaisseur de bois formé et/ou par l'intensité de la précontrainte, permet à la tige de modifier son orientation ou la maintenir dans une direction inclinée malgré l'effet croissant des masses qu'elle supporte. Si l'on connaît bien le principe général de ce contrôle, pour l'avoir abondamment étudié sur les troncs, très peu d'études renseignent sur la répartition précise des tissus et de leurs propriétés, notamment dans la zone où se produisent habituellement les casses de branche, soit généralement le premier mètre à partir de l'insertion. D'autre part, il semble que le dimensionnement continu des branches soit en adéquation avec leur environnement venteux auquel elles doivent faire face quotidiennement ou lors d'évènement plus rares comme les tempêtes.

A l'heure où les villes - en réponse au réchauffement climatique - replantent massivement des arbres pour la fraîcheur qu'apportent ombrage et évapotranspiration foliaire ; où les compagnies d'assurances redoutent les dommages causés par une chute de branche dans un parking ; où l'agroforesterie se développe en mettant en avant les multiples fonctions des arbres : il n'est

plus vraiment possible de faire l'impasse sur le comportement et la tenue mécanique des branches. Qu'il s'agisse de l'arbre de ville, de parc ou de systèmes agro-forestiers, le développement de branches maîtresses de grandes dimensions et à relativement basse hauteur, devient une situation de plus en plus fréquente et généralement souhaitable ; tout en impliquant donc la contrepartie du danger qu'elles représentent (Fig. 1).

Objectif

L'objectif de ce travail de thèse, démarrée en novembre 2019, est d'explorer le comportement mécanique des branches soumises au vent. Il vise en particulier à étudier leur dimensionnement, résultat des croissances primaire et secondaire, en regard des sollicitations mécaniques qu'elles subissent quotidiennement et à comprendre les phénomènes de ruptures qui semblent intervenir lors d'événements climatiques particuliers. Si à ce stade du projet, le choix des espèces testées n'a pas été fixé, il serait envisageable de travailler sur des résineux et des feuillus, a minima pour comparer les comportements de ces deux grand types de plans ligneux et leurs contraintes.



Fig. 1 : Rupture « estivale » d'une branche de micoucoulier. Nîmes, juin 2018

Méthodes

Cette thématique implique un monitoring in situ du comportement mécanique des branches et donc le développement d'outils spécifiques à cet objet d'étude particulier. Il s'agira entre autres d'évaluer l'applicabilité aux branches de méthodes développées pour d'autres types d'objets - qu'il s'agisse du tronc des arbres au PIAF⁶ ou de structures en bois (ou autre) à l'Institut Pascal, permettant ainsi de lever les premiers verrous méthodologiques nécessaires.

Les connaissances requises pour l'étude mécanique d'une branche à un instant donné, sont les suivantes :

- l'architecture de la branchaison et son historique de construction
- le dimensionnement des branches
- La forme, la répartition interne et l'orientation des tissus constitutifs
- Les propriétés physicomécaniques des tissus : densité, expansion thermique, rigidité 3D instantanée et différée, limites d'élasticité, ténacité, ...

⁶ UMR Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant (INRA), localisée à Clermont-Ferrand

- Le champ des précontraintes résultant de la croissance
- Le comportement global de la branche, de l'élastique jusqu'à la ruine, sous l'effet d'un moment de flexion ou de torsion.

Ces mesures seront pour la plupart destructives et devront donc être réalisées à l'issue d'une période de monitoring, tout d'abord sur site puis en laboratoire. Un gros travail en amont de développement d'outils pertinents pour le monitoring du comportement mécanique des branches pendant de longues périodes, sera donc nécessaire. On pourra envisager des mesures *in situ* visant à caractériser le comportement mécanique des branches à l'aide de tests de flexion qui seront complétés par des mesures en laboratoire sur machines d'essais.

Parallèlement, quelques professionnels pourront être rencontrés pour recueillir d'éventuels indicateurs ou signes les informant de possibles casses, relevant de leurs savoirs d'expérience.

Résultats attendus

Ces données expérimentales devront permettre de construire et alimenter un modèle de simulation mécanique qui permettra de tester différentes hypothèses pouvant expliquer et prédire la casse des branches dans certaines conditions environnementales. A terme, il pourrait être envisagé de proposer des indicateurs prédictifs utilisables pour dimensionner d'éventuelles tenues de branches sous contrainte. Ces indicateurs pourront être des éléments utilisables pour la gestion de l'arbre par les professionnels.